

明 細 書

光ケーブル

技術分野

- [0001] この発明は、複数本の光ファイバ心線を束ねることにより構成された光ケーブルに関するものである。

背景技術

- [0002] 複数本の光ファイバ心線が束ねられた光ケーブルの構造には、テープスロット型やルースチューブ型などの種々の構造が知られている(非特許文献1参照)。テープスロット型の光ケーブルは、光ファイバ心線の収納効率の点で優れているものの、製造中又は使用中に光ファイバ心線に曲げが生じ易く、マイクロベントロスが大きくなりがちである。一方、ルースチューブ型の光ケーブルは、テープスロット型の光ケーブルと比較して、光ファイバ心線の収納効率の点では劣るもののマイクロベントロス増加が小割れづ特徴がある。

非特許文献1: Gunther Mahike, et al., "Fiber Optic Cables, Fundamentals Cable Design System Planning", 4th revised and enlarged edition, 2001, Publicis MCD Corporation Publishing

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0003] 発明者らは、従来の光ケーブルについて検討した結果、以下のような課題を発見した。すなわち、テープスロット型の光ケーブルは、上述のように、製造中又は使用中に光ファイバ心線に曲げが生じ易く、また、マイクロベントロスが大きくなりがちである。これに対し、ルースチューブ型の光ケーブルは、光ファイバ心線の収納効率の点でテープスロット型の光ケーブルに劣る。ここで、ルースチューブ型の光ケーブルであっても、収容する光ファイバ心線の本数を維持したままケーブル外径を小さくすることで、光ファイバ心線の収納効率を改善することも考えられる。ところが、その場合には、光ファイバ心線の伝送損失が増加するれづ問題が生じる。

- [0004] この発明は上述のような課題を解決するためになされたものであり、束ねられる光フ

ファイバ心線それぞれにおける伝送損失の増加を効果的に抑制しつつケーブル外径の低減、及び／又は、光ファイバ心線の収納効率の改善を可能にする構造を有する光ケーブルを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0005] 上述の課題を解決すべく、この発明に係る光ケーブルは、中心抗張力体と、それぞれが複数本の光ファイバを収納しており該抗張力体の周りに撚り合わされた複数本のチューブと、中心抗張力体の周りに撚り合わされた複数本のチューブの外周を被覆する外皮とを備える。
- [0006] 特に、光ファイバ心線の波長 $1.31\mu\text{m}$ におけるモードフィールド径 A は、 $8.6\pm 0.4\mu\text{m}$ の範囲内にあり、該光ファイバ心線のファイバカットオフ波長を $B\mu\text{m}$ としたときに、比 A/B は 6.3 以上 7.0 以下である。
- [0007] なお、この発明に係る各実施例は、以下の詳細な説明及び添付図面によりさらに十分に理解可能となる。これら実施例は単に例示のために示されるものであって、この発明を限定するものと考えべきではない。
- [0008] また、この発明のさらなる応用範囲は、以下の詳細な説明から明らかになる。しかしながら、詳細な説明及び特定の事例はこの発明の好適な実施例を示すものではあるが、例示のためにのみ示されているものであって、この発明の思想及び範囲における様々な変形及び改良はこの詳細な説明から当業者には自明であることは明らかである。

発明の効果

- [0009] この発明に係る光ケーブルによれば、光ファイバ心線における伝送損失の増加を抑制しつつケーブル外径を小さくすること、及び／又は、光ファイバ心線の収納効率を改善することができる。

図面の簡単な説明

- [0010] [図1]は、この発明に係る光ケーブルの一実施例が伝送路として適用された光伝送システムの概略構成を示す図である。
- [図2]は、この発明に係る光ケーブルの一実施例の断面構造（図1中のI-I線に沿った断面に相当）を示す図である。

[図3]は、この発明に係る光ケーブルの一実施例の構成を示す側面図である(外皮が除去された状態)。

[図4]は、この発明に係る光ケーブルの一実施例の構成を示す側面図である(チューブの撚りが解かれた状態)。

[図5]は、この発明に係る光ケーブルの一実施例における各チューブ内に収納される光ファイバ心線の収納状態を示す側面図である。

[図6]は、この発明に係る光ケーブルに適用される光ファイバ心線として用意されたサンプルの曲げ損失特性を示すグラフである。

[図7]は、この発明に係る光ケーブルに適用される光ファイバ心線として用意されたサンプルの伝送損失特性を示すグラフである。

[図8]は、この発明に係る光ケーブルに適用される光ファイバ心線として用意されたサンプルの、ケーブル入前後の伝送損失の変化を示すグラフである。

[図9]は、この発明に係る光ケーブルに適用される光ファイバ心線として用意されたサンプルの、温度サイクル試験における波長 $1.55\mu\text{m}$ での伝送損失の変化を示すグラフである。

[図10]は、この発明に係る光ケーブルの圧送方法を説明するための図である。

符号の説明

- [0011] 1...光伝送システム、10...光ケーブル、11...光ファイバ心線、12...チューブ、13...中心抗張力体、14...押さえ巻、15...外皮、20...光送信器、30...光受信器、110...リボンファイバ、120...着色系、200...ケーブル圧送ドラム、300...管路。

発明を実施するための最良の形態

- [0012] 以下、この発明に係る光ケーブルの実施例を、図1～10を用いて詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

- [0013] 図1は、この発明に係る光ケーブルの一実施例が光伝送路として適用された光伝送システムの概略構成を示す図である。この図1に示された光伝送システム1は、光ケーブル10、光送信器20₁～20_N及び光受信器30₁～30_Nを備える。光ケーブル10では、N本(Nは2以上の整数)の光ファイバ心線11₁～11_Nが束ねられている。光ケ

ケーブル10の一端側には光送信器 $20_1 \sim 20_K$ 及び光受信器 $30_{K+1} \sim 30_N$ が設けられ(K は2以上 N 以下の整数)、また、光ケーブル10の他端側には光送信器 $20_{K+1} \sim 20_N$ 及び光受信器 $30_1 \sim 30_K$ が設けられている。光送信器 20_n と光受信器 30_n とは光ファイバ心線 11_n により接続されており、光送信器 20_n から送出された光信号は光ファイバ心線 11_n を伝搬して光受信器 30_n に到達する(n は1以上 N 以下の整数)。

[0014] 図2は、この発明に係る光ケーブルの一実施例の断面構造を示す図であって、図1中のF線に沿った断面に相当している。この光ケーブル10は、ルースチューブ型の構造を有し、6本のチューブ $12_1 \sim 12_6$ が中心抗張力体13の周りに撚り合わされている。また、これらチューブ $12_1 \sim 12_6$ は、押さえ巻14及び外皮15により被覆されている。各チューブ12(複数のチューブ $12_1 \sim 12_6$ のうち任意の一本を指す場合には単に「チューブ12」と表記する)の内部には1又はそれ以上の光ファイバ心線11(複数の光ファイバ心線 $11_1 \sim 11_N$ のうち任意の一本を指す場合には単に「光ファイバ心線11」と表記する)が収納されている。各光ファイバ心線11は、波長 $1.31 \mu\text{m}$ において $8.6 \pm 0.4 \mu\text{m}$ の範囲内のモードフィールド径 A を有し、ファイバカットオフ波長を $B \mu\text{m}$ とした時に、比 A/B は、6.3以上7.0以下である。より好ましくは、比 A/B は6.3以上6.8以下である。あるいは、光ケーブル10において、各光ファイバ心線11の波長 $1.55 \mu\text{m}$ における直径 $20 \mu\text{m}$ での曲げ損失は 3dB/m 以下であり、より好ましくは、この曲げ損失は 1.5dB/m 以下である。例えば、波長 $1.31 \mu\text{m}$ におけるモードフィールド径は $8.53 \mu\text{m}$ であり、ファイバカットオフ波長は $1.3 \mu\text{m}$ であり、比 A/B は6.56であり、そして、直径 $20 \mu\text{m}$ での曲げ損失は 1.0dB/m である。このように設計された光ケーブル10は、光ファイバ心線11それぞれにおける伝送損失の増加を抑制しつつケーブル外径 D の低減、及び／又は、光ファイバ心線の収納効率の改善を可能にする。

[0015] より好ましくは、各光ファイバ心線11は、波長 $1.31 \mu\text{m}$ において 0.31dB/km 以下の伝送損失と、波長 $1.38 \mu\text{m}$ において 0.2dB/km 以下の伝送損失と、波長 $1.55 \mu\text{m}$ において 0.18dB/km 以下の伝送損失を有する。各光ファイバ心線11の波長 $1.55 \mu\text{m}$ における伝送損失の増加は、温度範囲 $-40^\circ\text{C} \sim +70^\circ\text{C}$ の温度サイクル試験の後において 0.05dB/km 以下であるのが好ましい。各光ファイバ心

線 皿 を水素濃度1%雰囲気中に4 日間に亘って置き、さらに水素分子を除去した後において、該各光ファイバ心線 皿 の波長 $1.38\mu\text{m}$ における伝送損失の増加は、 0.05dB/km 以下であるのが好ましい。各光ファイバ心線 皿 に吸収線量 1000Gy/h の γ 線を1 時間に亘って照射した後において、該各光ファイバ心線 皿 の波長 $1.55\mu\text{m}$ における伝送損失の増加は、 2dB/km 以下であるのが好ましい。

- [0016] 各チューブ12の厚みは、 0.2mm 以下であるのが好ましい。また、外皮15の動摩擦係数は、 0.30 以下であるのが好ましい。
- [0017] 各チューブ12の内部における光ファイバ心線 皿 の占有率は、 20% 以上 75% 以下であるのが好ましい。ここで、光ファイバ心線 皿 の占有率は、(光ファイバ心線 皿 の断面積 \times 心数) \div (チューブ12の断面積)で定義される。なお、光ファイバ心線 皿 の占有率が 20% より小さいと、光ケーブル10の外径Dが大きくなる。また、光ファイバ心線 皿 の占有率が 75% より大きいと、伝送損失が大きくなり、特にケーブル化に起因した伝送損失の増加が大きくなる。
- [0018] 光ケーブル10の外径をDとし、光ケーブル10に収納される光ファイバ心線 皿 の総本数をNとしたときに、比 (D/N) は 0.15mm 以下であるのが好ましい。なお、この比 (D/N) が 0.15mm より大きいと、光ケーブル10の外径Dが大きくなる。
- [0019] 図3及び図4それぞれは、光ケーブル10の構成を示す側面図である。これら図3及び図4では、光ファイバ10の長手方向の一定範囲に亘って外皮15及び押さえ巻14が除去された、該光ケーブル10の状態が示されている。図4では特にチューブ12₆の撚りが解かれている状態が示されている。
- [0020] 図3に示されたように、6本のチューブ12₁～12₆は、中心抗張力体13の周りに撚り合わされている。中心抗張力体13の周りの各チューブ12の撚りのピッチは、 100mm 以下であるのが好ましい。また、中心抗張力体13の周りの各チューブ12の撚りの方向は光ケーブル10の長手方向の所定位置Pで反転しているのが好ましい。なお、中心抗張力体13の周りの各チューブ12の撚りピッチが 100mm より大きいと、温度特性や機械特性が劣化する。
- [0021] 図4に示されたように、光ケーブル10の長手方向の 500mm の範囲 L_1 に亘って外皮15及び押さえ巻14が除去されたときに、取り出せるチューブ12及びその内部に

収納された光ファイバ心線 11 の長さ L_2 は、20mm 以上であるのが好ましい。この為には、中心抗張力体 13 の周りの各チューブ 12 の撚りの方向は光ケーブル 10 の長手方向の所定位置 P で反転して、当該反転位置 P のピッチが 50mm 以下であるのが好ましい。このような構成により、除去される外皮 15 及び押さえ巻 14 の該光ケーブル 10 の長手方向の範囲が 50mm 以下に抑えた状態で、分岐に必要な長さの光ファイバ心線 11 が取り出し可能になる。

[0022] 図5は、光ケーブル10における各チューブ12内に収納された各光ファイバ心線の収納状態を示す側面図である。図5中の領域(a)では、光ケーブル10の長手方向の一定範囲に亘ってチューブ12が除去された状態が示されている。図5に示されたように、各チューブ12内には複数本の光ファイバ心線 11 が収納されており、これら複数本の光ファイバ心線 11 が互いに撚り合わされているのが好ましい。複数本の光ファイバ心線 11 の撚りの方向は、光ケーブル10の長手方向の所定位置で反転していてもよい。また、複数本の光ファイバ心線 11 が複数の群に区分けされ、各群の光ファイバ心線 11 が着色系で束ねられてもよい。

[0023] なお、光ファイバ心線 11 は、図5中の領域(b)に示されたように、1枚又はそれ以上のリボンファイバ 110 の状態で該チューブ12内に収納されてもよい。また、図5中の領域(c)に示されたように、チューブ12内に収納された光ファイバ心線 11 は複数の群に区分けされ、それぞれの群の光ファイバ心線 11 が着色系 120 で束ねられてもよい。

[0024] チューブ12に対する光ファイバ心線 11 の余長比率は、0%以上 10% 以下であるのが好ましい。ここで、光ファイバ心線 11 の余長比率は、 $(100\% \times (\text{光ファイバ心線長} - \text{チューブ長})) / (\text{チューブ長})$ で定義される。なお、この余長比率が 0% より小さいと高温(例えば70℃以上)での伝送損失が大きくなり、余長比率が 0.1% より大きいと低温(例えば-40℃以下)でも伝送損失が大きくなる。

[0025] 一方、最低気温が-5℃や-6℃に達するような極寒冷地でケーブルを使用する場合、初期状態の余長比率は-0.03%以上 0% 以下であるのが望ましい。

[0026] 光ケーブル10によれば、直線状ケーブルであっても、チューブ12の撚り及び光ファイバ心線 11 に付与された余長や撚りに起因して光ファイバ心線 11 に曲げが生じて

いる。このときの各光ファイバ心線 Ⅲ の最小曲率半径は15mm以上100mm以下であるのが好ましい。

- [0027] 以上のように構成された光ケーブル10は、以下のような構成又は特性を有するのがさらに好適である。すなわち、光ケーブル10の単位長さ当たりのケーブル重量をWとし、光ケーブル10に収納される光ファイバ心線 Ⅲ の総本数をNとすると、比(W/N)は0.7kg/km以下であるのが好ましい。Telecordia GR-20 Section 6.5 に規定される各種機械試験方法による試験が行われたときに、その試験中及び試験後における光ファイバ心線 Ⅲ の波長1.55 μm における伝送損失の増加は、0.05dB以下であるのが好ましい。IEC 60794-3 の Section 5.5 及び Annex A に規定される試験方法による光ファイバ心線のPMDqは、0.05ps/km^{1/2}以下であるのが好ましい。
- [0028] また、光ケーブル10の曲げ剛性は、5000kg $\cdot\text{mm}^2$ 以上15000kg $\cdot\text{mm}^2$ 以下であるのが好ましい。なお、光ケーブル10の曲げ剛性が5000kg $\cdot\text{mm}^2$ より小さいと、管路内に光ケーブル10を圧送しながら敷設しようとするときに、管路の途中で光ケーブル10が停滞してしまい、光ケーブル10が敷設できない。一方、光ケーブル10の曲げ剛性が15000kg $\cdot\text{mm}^2$ より大きいと、管路内に光ケーブル10を圧送しながら敷設しようとするときに、複雑な管路を光ケーブル10が通過することができず、やはり、光ケーブル10が敷設できない。同様に、ケーブル外被材料の動摩擦係数は0.30以下が望ましい。このように管路内に光ケーブル10を圧送しながら敷設する場合、敷設時間や人件費を考慮して圧送速度は20m/min以上であるのが好ましい。
- [0029] 次に、上述の実施例に係る光ケーブル10として用意された具体的なサンプルについて説明する。用意されたサンプルの光ケーブル10において、各光ファイバ心線 Ⅲ の外径は0.25mm、各チューブ12の内径は1.2mm、各チューブ12及び中心抗張力体13それぞれの外径は1.5mm、そして、ケーブル外径Dは6.7mmであった。各チューブ12内には12本の光ファイバ心線 Ⅲ が収納されており、光ケーブル10に収納される光ファイバ心線 Ⅲ の総本数Nは72であった。6本のチューブ12は中心抗張力体13の周りに撚り合わされており、その撚りピッチは70mm、その撚りの方向は光ケーブル10の長手方向の所定位置で反転している。なお、その反転位置のピッチは420mmであった。各チューブ12はポリブチレンテレフタレートからなり、外皮15

はポリエチレンからなる。単位長さ当たりのケーブル重量は42kg/kmであった。

- [0030] 各光ファイバ心線Ⅲは、純石英ガラスからなるコア領域と、該コア領域の外周に設けられたF添加石英ガラスからなるクラッド領域とを備える。コア領域は、 $7.8\mu\text{m}$ の外径(コア径)と、クラッド領域に対して0.39%の比屈折率差を有する。このような構造を有する各光ファイバ心線Ⅲは、以下の諸特性を有する。すなわち、波長 $1.31\mu\text{m}$ におけるモードフィールド径Aは $8.53\mu\text{m}$ であり、ファイバカットオフ波長Bは $1.23\mu\text{m}$ であり、比A/Bは6.93であり、零分散波長は $1.318\mu\text{m}$ であった。波長 $1.31\mu\text{m}$ における伝送損失は 0.28dB/km 以下であり、波長 $1.383\mu\text{m}$ における伝送損失は 0.247dB/km 以下であり、波長 $1.55\mu\text{m}$ における伝送損失は 0.174dB/km 以下であった。さらに、波長 $1.55\mu\text{m}$ における緒特性として、直径 20mm での曲げ損失は 1.8dB/m であり、波長分散は 15.0ps/nm/km であり、分散スロープは $0.054\text{ps/nm}^2/\text{km}$ であり、RDS(二分散スロープ/波長分散)は $0.0036/\text{nm}$ であった。零分散波長における分散スロープは $0.07\text{ps/nm}^2/\text{km}$ であった。偏波モード分散は $0.03\text{ps/km}^{1/2}$ であった。

- [0031] 図6は、光ファイバ心線Ⅲとして用意されたサンプルの曲げ損失特性を示すグラフである。また、図7は、光ファイバ心線Ⅲとして用意されたサンプルの伝送損失特性を示すグラフである。これらグラフには比較例としてITU-T G.652.Dの規格に準拠する光ファイバの特性が破線で示されている。なお、図6において、グラフG6 01はサンプルの曲げ損失、グラフG6 02は比較例の曲げ損失をそれぞれ示す。また、図7において、グラフG7 01はサンプルの伝送損失、グラフG7 02は比較例の伝送損失をそれぞれ示す。

- [0032] これら図6及び図7から判るように、比較例の光ファイバと比較して、光ファイバ心線Ⅲとして用意されたサンプルは、曲げ損失特性及び伝送損失特性のいずれにおいても優れている。そのため、当該サンプルの光ファイバ心線は、他のケーブル構造として、ルースチューブをケーブル中心に配置し、周囲に抗張力体や介在を配したセンターコア型の光ケーブルにも適用できる。

- [0033] 以上のような特性を有する光ファイバ心線(ア記サンプル)が適用された光ケーブルを製造し、この光ケーブルについて種々の試験が行われた。

- [0084] 図8は、光ファイバ心線11として用意された上記サンプルの、ケーブル化前後の伝送損失の変化を示すグラフである。なお、この図8において、グラフG801は波長 $1.31\mu\text{m}$ における伝送損失、グラフG802は波長 $1.55\mu\text{m}$ における伝送損失、そして、グラフG803は波長 $1.625\mu\text{m}$ における伝送損失をそれぞれ示す。
- [0085] この図8から判るように、ケーブル化に起因したサンプルにおける伝送損失の増加は認められなかった。
- [0086] また、上記サンプルの光ファイバ心線が適用された、ケーブル長1kmの光ケーブルについて温度範囲 $-40^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ の温度サイクル試験が行われた。図9は、光ファイバ心線として用意された上記サンプルの、温度サイクル試験における波長 $1.55\mu\text{m}$ での伝送損失の変化を示すグラフである。この図9から判るように、サンプルの波長 $1.55\mu\text{m}$ における伝送損失の増加は最大 0.01dB/km に留まることが確かめられた。このように、上記サンプルの光ファイバ心線が適用された光ケーブルは良好な温度特性を有することが確認できた。
- [0087] また、上記サンプルの光ファイバ心線が適用された光ケーブルに対しTelecordia GR-20に規定される試験方法による各種機械試験も行われた。ケーブル長5.5mの光ケーブルを張力110QNで引っ張る試験では、伝送損失の増加は 0.01dB 以下であった。ケーブル長1mの光ケーブルの一端を固定する一方、他端に44Nの負荷を加えた状態で 90° の捻れを5回与える試験では、伝送損失の増加は 0.01dB 以下であった。ケーブル長5mの光ケーブルに対し曲げ直径160mmで 360° の曲げを25回与える試験では、伝送損失の増加は 0.01dB 以下であった。光ケーブルの長手方向の100mmの範囲に側圧(初期220QN、長期110QN)を与える試験では、伝送損失の増加は 0.03dB 以下であった。また、高さ1mの位置から物体を落下させて光ケーブルにエネルギー5Jの衝撃を与える試験では、伝送損失の増加は 0.01dB 以下であった。このように、Telecordia GR-20に規定されるいずれの試験においても、当該光ケーブルにおける伝送損失の増加は許容値より小さく、とが確かめられた。すなわち、上記サンプルの光ファイバ心線が適用された光ケーブルは良好な機械特性を有することが確認できた。
- [0088] 以上のように、この発明に係る光ケーブル10は、従来の72心の光ケーブルと比較

して、これと同等の特性を有しつつ、ケーブル径については4割減となり、ケーブル断面積については略1/3となって、十分な細径化を可能にする。あるいは、この発明に係る光ケーブル10は、従来の光ケーブルと比較して、これと同等の特性を有しつつ、光ファイバ心線の収納効率を改善することができる。

[0039] また、この発明に係る光ケーブル10は、細径化に伴う軽量性及び可撓性を活かして、マイクロダクト圧送用のケーブルにも適用可能である。具体的には、図10に示されたように、光ケーブル圧送ドラム200には予め所定長の光ケーブル10が巻かれており、このドラム200から光ケーブル10が管路300内に20m/min以上の圧送速度で圧送される。これにより、既設の管路内への光ケーブル10の敷設が行われる。なお、図10は、この発明に係る光ケーブルの圧送方法を説明するための図である。

[0040] 以上の本発明の説明から、本発明を様々に変形することは明らかである。そのような変形は、本発明の思想および範囲から逸脱するものとは認めることはできず、すべての当業者にとって自明である改良は、以下の請求の範囲に含まれるものである。

産業上の利用可能性

[0041] この発明に係る光ケーブルは、大容量光伝送システム等の光伝送路に好適に適用可能である。

請求の範囲

- [1] 抗張力体と、
前記抗張力体の周りに撚り合わされ、内部に1又はそれ以上の光ファイバ心線が収納されたプラスチック又は金属製のチューブと、そして、
前記チューブの外周を被覆した外皮を備えた光ケーブルであって、
前記光ファイバ心線は、波長 $1.31\mu\text{m}$ において $8.6\pm 0.4\mu\text{m}$ のモードフィールド径 A を有し、前記光ファイバ心線のファイバカットオフ波長を $B\mu\text{m}$ とするときに、比 A/B は6.3以上7.0以下である光ケーブル。
- [2] 抗張力体と、
前記抗張力体の周りに撚り合わされ、内部に1又はそれ以上の光ファイバ心線が収納されたプラスチック又は金属製のチューブと、そして、
前記チューブの外周を被覆した外皮を備えた光ケーブルであって、
前記光ファイバ心線それぞれの波長 $1.55\mu\text{m}$ における直径 20nm の曲げ損失が $3\text{dB}/\text{m}$ 以下である光ケーブル。
- [3] 請求項1又は2記載の光ケーブルにおいて、
前記チューブに対する前記光ファイバ心線の余長比率は、 0% より大きき $<0.1\%$ 以下である。
- [4] 請求項1又は2記載の光ケーブルにおいて、
前記チューブに対する前記光ファイバ心線の余長比率は、 -0.03% 以上かつ 0% より小さい。
- [5] 請求項1又は2記載の光ケーブルにおいて、
前記チューブ内における前記光ファイバ心線の占有率は、 20% 以上 75% 以下である。
- [6] 請求項1又は2記載の光ケーブルにおいて、
前記光ファイバ心線の最小曲率半径は、 15mm 以上 100mm 以下である。
- [7] 請求項1又は2記載の光ケーブルにおいて、
前記チューブ内に収納された光ファイバ心線は、互いに撚り合わされている。
- [8] 請求項7記載の光ケーブルにおいて、

前記チューブ内に収納された光ファイバ心線は、1枚のリボンファイバの状態、又は、複数枚のリボンファイバの状態であって、該チューブ内に収納されている。

- [9] 請求項1又は2記載の光ケーブルにおいて、

前記チューブ内に収納された光ファイバ心線は複数の群に区分けされており、各群の光ファイバ心線が着色系で束ねられている。

- [10] 請求項1又は2記載の光ケーブルにおいて、

ケーブル外径をDとし、前記光ファイバ心線の総本数をNとするときに、比(D/N)は、0.15mm以下である。

- [11] 請求項1又は2記載の光ケーブルにおいて、

前記チューブの厚みは、0.2mm以下である。

- [12] 請求項1又は2記載の光ケーブルにおいて、

前記中心抗張力体の周りの前記チューブの撚りのピッチは、100mm以下である。

- [13] 請求項7記載の光ケーブルにおいて、

前記中心抗張力体の周りの前記チューブの撚り方向は、当該光ケーブルの長手方向の所定位置で反転しており、その反転位置のピッチは500mm以下である。

- [14] 請求項1又は2記載の光ケーブルにおいて、

単位長さ当たりのケーブル重量をWとし、前記光ファイバ心線の総本数をNとするときに、比(W/N)は0.7kg/km以下である。

- [15] 請求項1又は2記載の光ケーブルにおいて、

前記光ファイバ心線それぞれは、波長1.31 μ mにおいて0.31dB/km以下の伝送損失と、波長1.38 μ mにおいて0.2dB/km以下の伝送損失と、波長1.55 μ mにおいて0.18dB/km以下の伝送損失を有する。

- [16] 請求項1又は2記載の光ケーブルにおいて、

温度範囲-40°C～+70°Cの温度サイクル試験中及び試験後の前記光ファイバ心線それぞれの波長1.55 μ mにおける伝送損失の増加は、0.05dB/km以下である。

- [17] 請求項1又は2記載の光ケーブルにおいて、

水素濃度1%雰囲気中に4日間に亘って置き、水素分子を除去した後の前記光フ

ファイバ心線それぞれの波長 $1.38\mu\text{m}$ における伝送損失の増加は、 $0.05\text{dB}/\text{km}$ 以下である。

[18] 請求項1又は2記載の光ケーブルにおいて、

吸収線量 $1000\text{Gy}/\text{hr}$ の γ 線を1時間に亘って照射した後の前記光ファイバ心線それぞれの波長 $1.55\mu\text{m}$ における伝送損失の増加は、 $2\text{dB}/\text{km}$ 以下である。

[19] 請求項1又は2記載の光ケーブルにおいて、

Telecordia GR-20 Section 6.5 に規定される各種機械試験方法による試験中及び試験後の前記光ファイバ心線それぞれの波長 $1.55\mu\text{m}$ における伝送損失の増加は、 0.05dB 以下である。

[20] 請求項1又は2記載の光ケーブルにおいて、

当該光ケーブルの長手方向の 500nm の範囲に亘って前記外皮が除去されたときに取り出せる前記光ファイバ心線それぞれの長さは、 20nm 以上である。

[21] 請求項1又は2記載の光ケーブルにおいて、

IEC 60794-3 のSection 5.5 及びAnnex A に規定される試験方法による前記光ファイバ心線それぞれの偏波モード分散 PMD_Q は、 $0.05\text{ps}/\text{km}^{1/2}$ 以下である。

[22] 請求項1又は2記載の光ケーブルにおいて、

当該光ケーブルは、 $5000\text{kg}\cdot\text{mm}^2$ 以上 $15000\text{kg}\cdot\text{mm}^2$ 以下の曲げ剛性を有する。

[23] 請求項1又は2記載の光ケーブルにおいて、

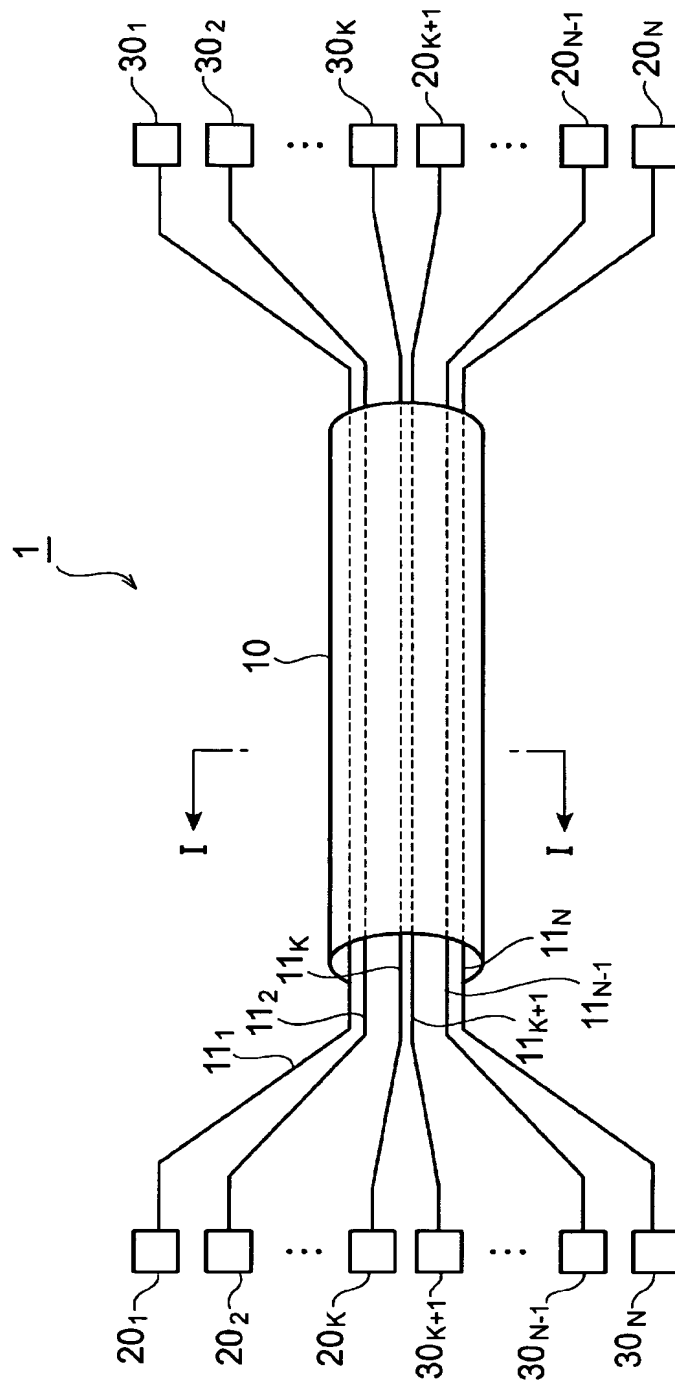
前記外皮の動摩擦係数は、 0.3 以下である。

[24] 光信号を伝送する光伝送路として請求項1又は2記載の光ケーブルを備えた光伝送システム。

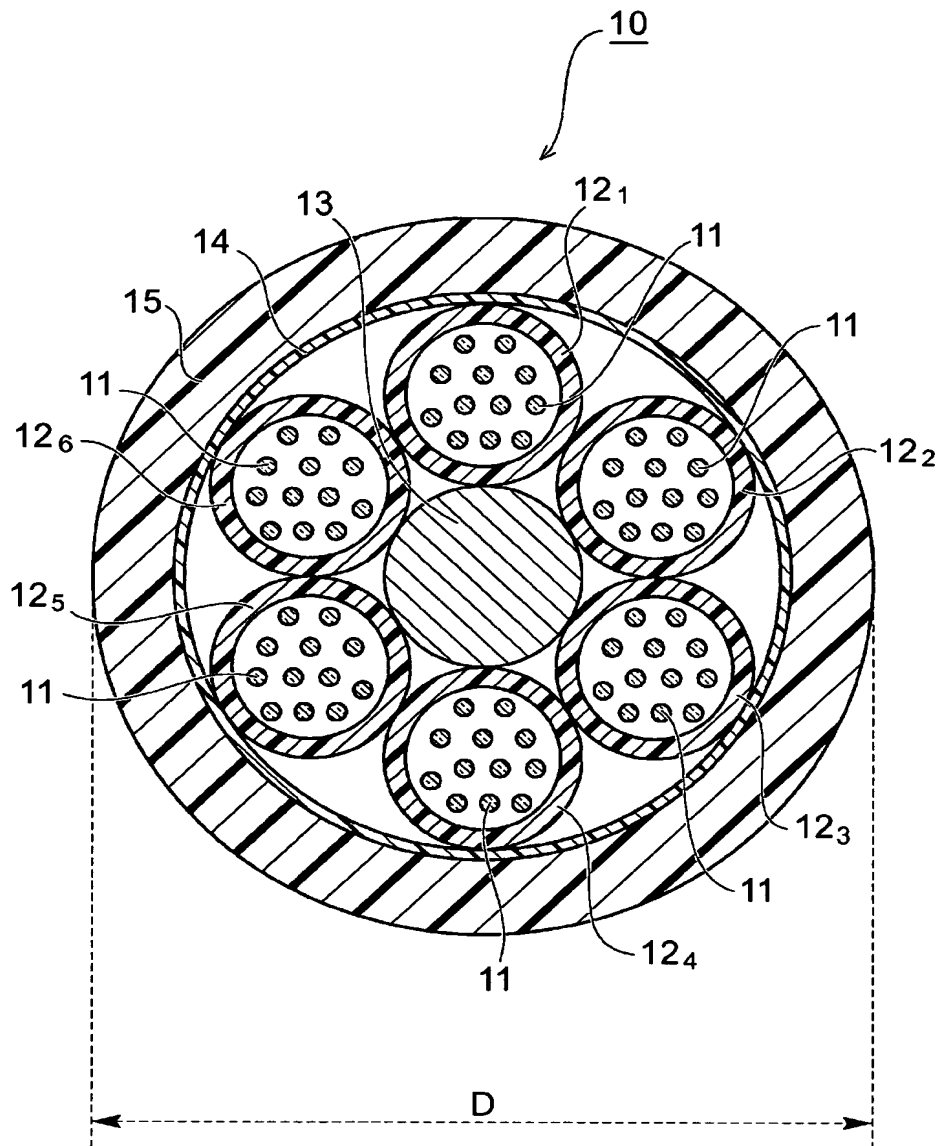
[25] 請求項1又は2記載の光ケーブルを用意し、

用意された前記光ケーブルを $20\text{m}/\text{min}$ 以上の圧送速度で管路内に圧送することにより該光ケーブルを敷設する圧送方法。

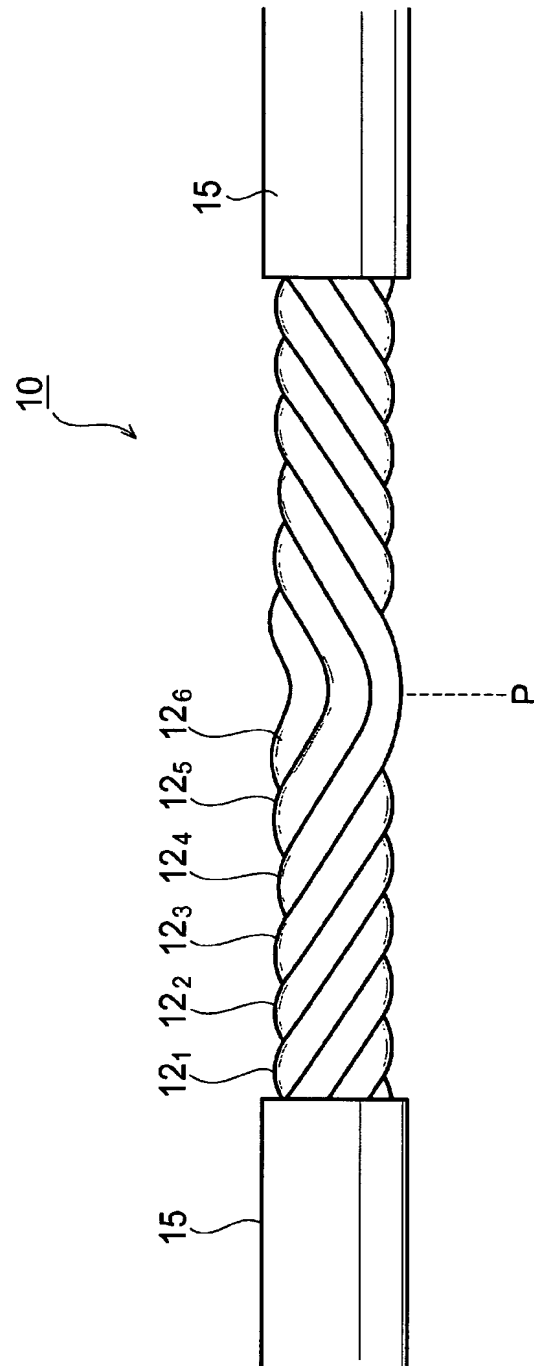
[図1]



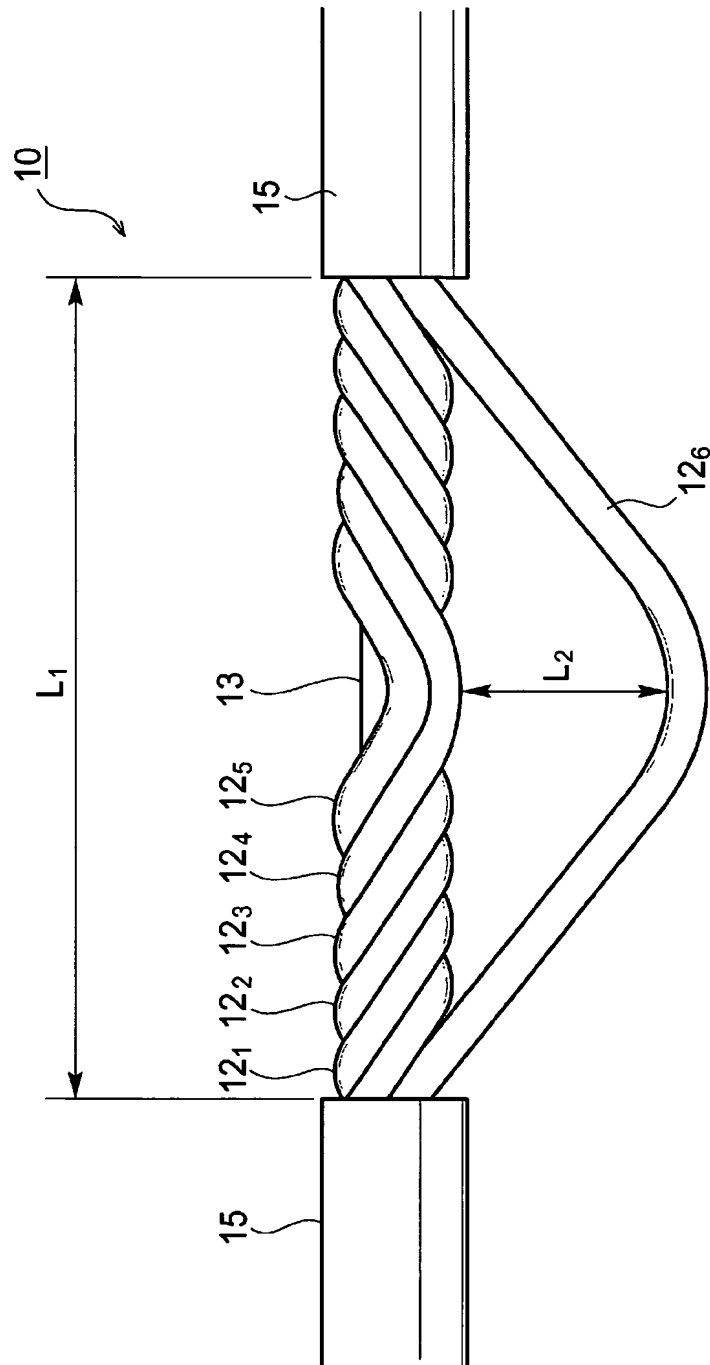
[図2]



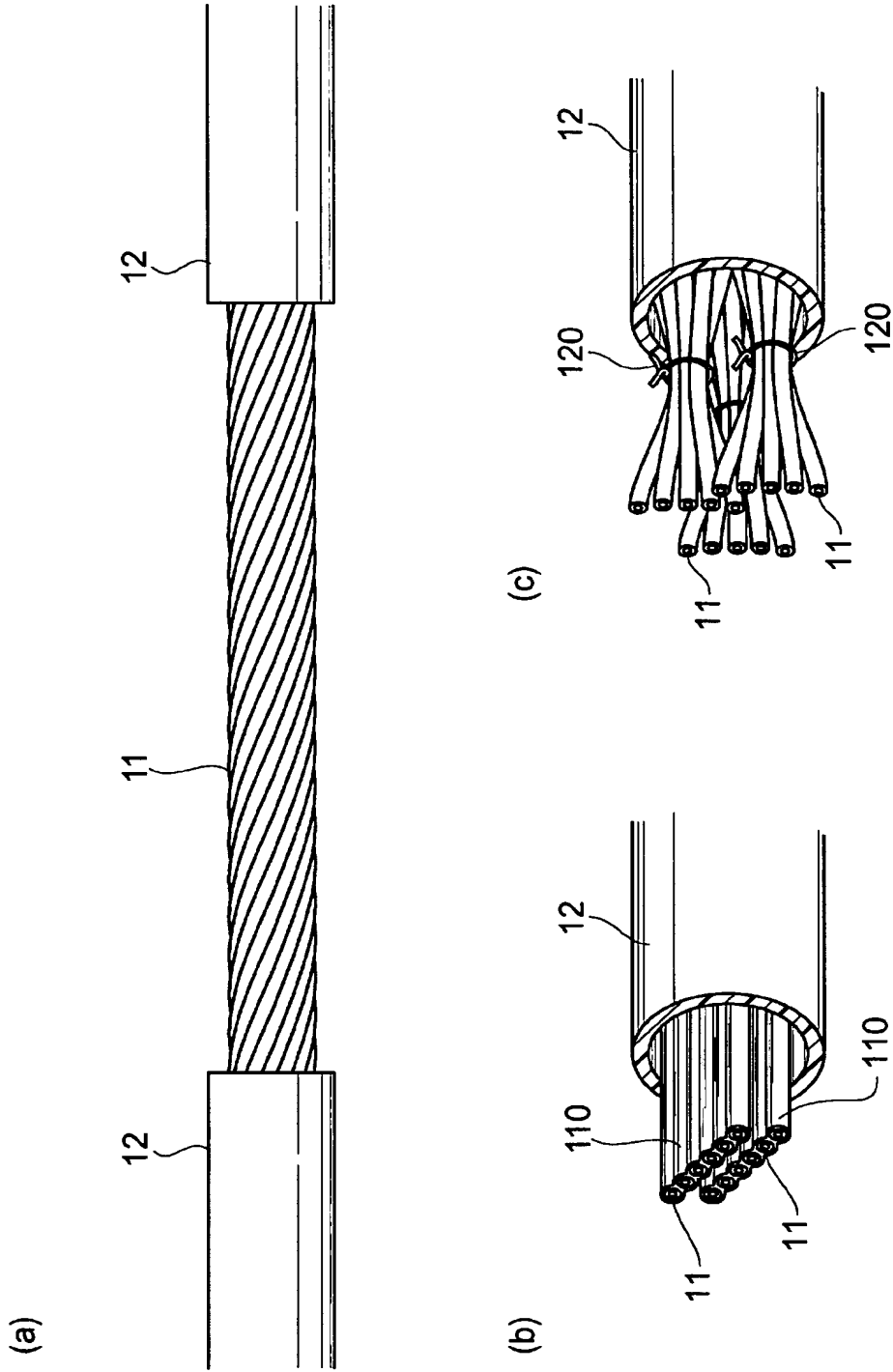
[図3]



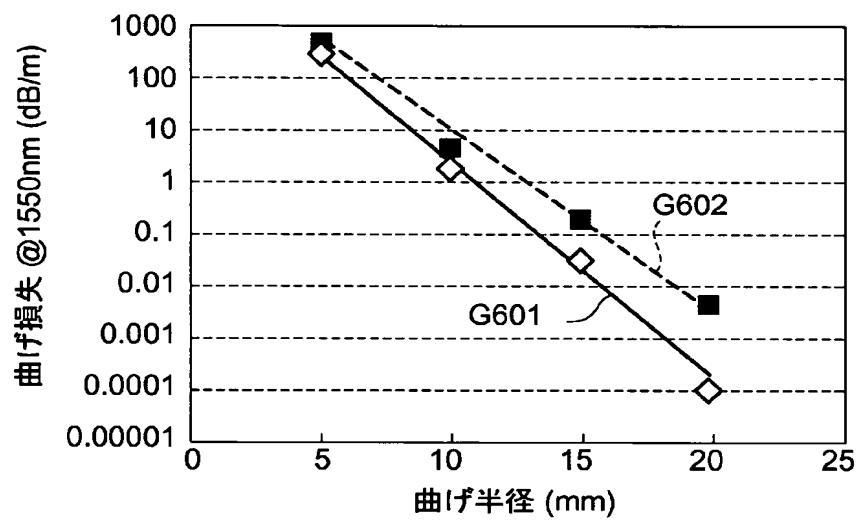
[図4]



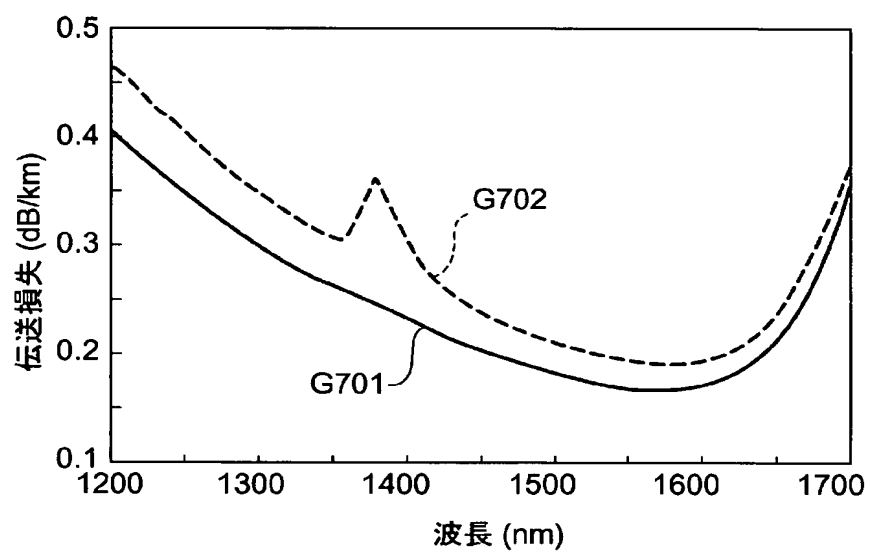
[図5]



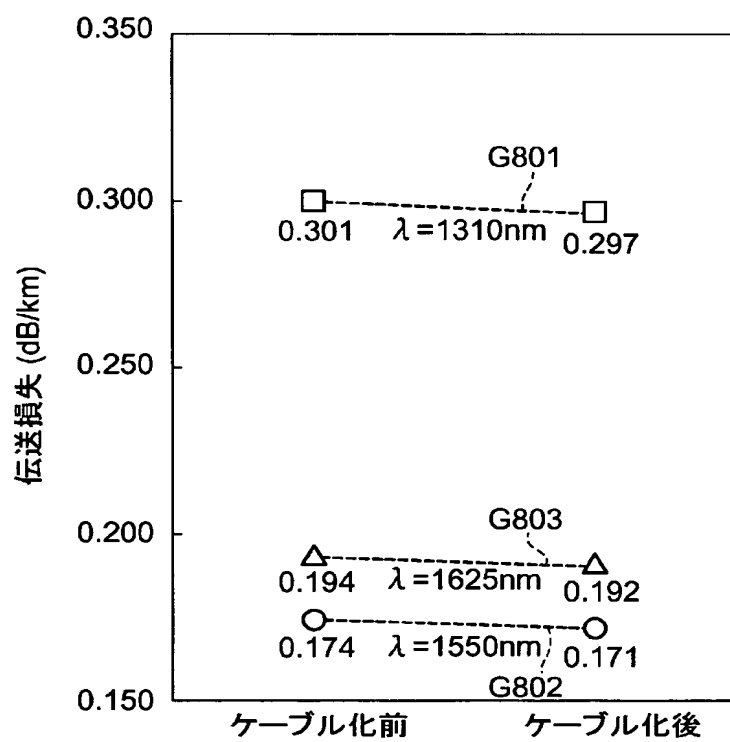
[図6]



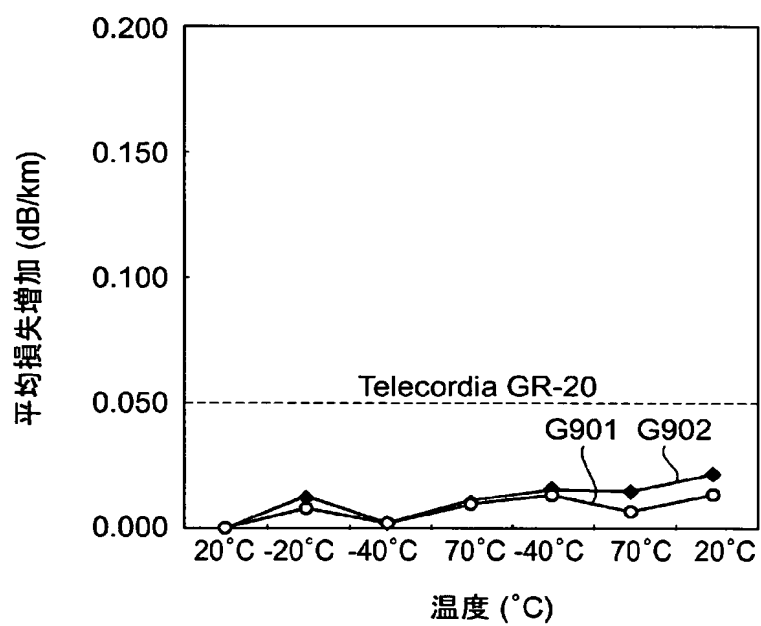
[図7]



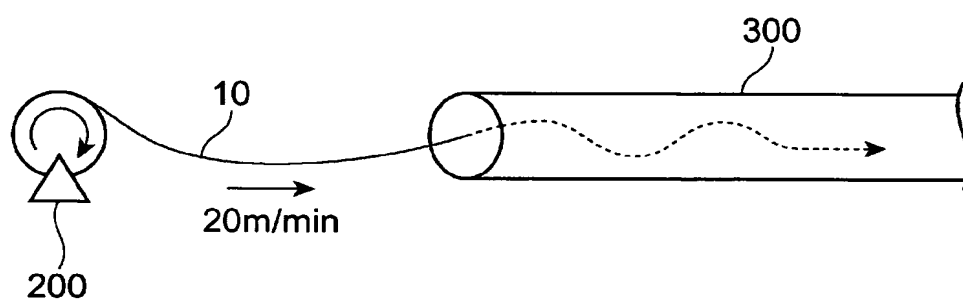
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/020707

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B6/44 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B6/44 (2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

| | | | | | | | | |
|---------|---------|--------|-----------|-----------|--------|---------|--------|-----------|
| Jitsuyo | Shinan | Koho | 1922-1996 | Jitsuyo | Shinan | Toroku | Koho | 1996-2005 |
| Kokai | Jitsuyo | Shinan | Koho | 1971-2005 | Toroku | Jitsuyo | Shinan | Koho |
| | | | | | | | | 1994-2005 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus (JOIS), IEEE

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|----------|---|-----------------------|
| Y | JP 11-305086 A (Fujikura Ltd.), 05 November, 1999 (05.11.99), Par. Nos. [0011] to [0027] (Family: none) | 1-25 |
| Y | JP 62-73216 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 03 April, 1987 (03.04.87), Page 2, lower left column, lines 15 to 18; page 3, upper right column, lines 10 to 15; page 3, lower left column, lines 1 to 6; Figs. 1a, 2, 8 (Family : none) | 1-25 |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
25 November, 2005 (25.11.05)Date of mailing of the international search report
13 December, 2005 (13.12.05)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/020707

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|----------|---|-----------------------|
| Y | Clemens Unger and Waldemar Stocklein, Investigation of the Microbending Sensitivity of Fibers, JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, Vol. 12, No. 4, pages 591 to 596, 1994 | 1-25 |
| A | CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 61146/1991 (Laid-open No. 15005/1993) (Showa Electric Wire & Cable Co., Ltd.), 26 February, 1993 (26.02.93), Par. Nos. [0006] to [0010] (Family: none) | 25 |

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int Cl. CC2P/ れ毎006. 01)

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int Cl CC2P/村 侶006. 01)

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

| | | |
|--------------|--------------|---|
| 日本 国実用新案公報 | 1 922-1996 | 年 |
| 日本 国公開実用新案公報 | 1 9 7 1-2005 | 年 |
| 日本 国実用新案登録公報 | 1996-2005 | 年 |
| 日本 国登録実用新案公報 | 1994-2005 | 年 |

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JSTPl us (JOIS), IEEE

C. 関連する認められる文献

| 引用文献の カテゴリ - * | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲(73)番号 |
|-------------------|---|---------------------|
| Y | JP 11-305086 A(株式会社y ジクラ) 1999. 11. 05, 段落 [0011]-[0027] (ファミリーなし) | 1-25 |
| Y | JP 62-73216 A (住友電気工業株式会社) 1987. 04. 03, 2 頁左下欄 1 5 - 1 8 行、3 頁右上欄 1 0 - 1 5 行、3 頁左下欄 1 - 6 行、第 1 図 a、第 2 図、第 8 図 (ファミリーなし) | 1-25 |
| Y | Clemens Unger and Waldemar Stocklein, Investigation of the Microbending Sensitivity of Fibers, JOURNAL OF LIGHTWAVE | 1-25 |

同 C 欄の続きにも文献が列挙されている。

円 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリ -

IA) 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

IE) 国際出願 日 前の出願または特許であるが、国際出願 日 以後に公表されたもの

IL) 優先権主張に疑義を提起する文献又は他(73)文献の発行 日 若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

IO) 口頭による開示、使用、展示等に関する文献

IP) 国際出願 日 前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の役に公表された文献

IT) 国際出願 日 又は優先 日 後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

IX) 特に関連のある文献であって、当該文献(73)みで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

IY) 特に関連のある文献であって、当該文献と他(73)1 以上(73)文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの(73)

I&J) 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 5 . 1 1 . 2 0 0 5

国際調査報告(73)発送 日

1 3 . 1 2 . 2 0 0 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本 国特許庁 (ISA / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

吉田 英一

2 X

9 1 2 4

電話番号 03-358 1-1 101 内線 3 2 5 3

| C (続き) . 関連すると認められる文献 | | |
|-----------------------|--|------------------|
| 用文献の テコリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
| A | TECHNOLOGY, Vol. 12, No. 4 , p. 591-596, 1994 日本国実用新案登録出願 3-61146 号 (日本国実用新案登録出願公開 5-15005 号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録した CD - R O M (昭和電線電纜株式会社), 1993. 02. 26, 段落 [0006]-[0010] (ファミリーなし) | 25 |